



王爽,吕霞.外源 ABA 对干旱胁迫及复水下弥勒苣苔生长的影响[J].黑龙江农业科学,2022(6):67-71.

# 外源 ABA 对干旱胁迫及复水下弥勒苣苔生长的影响

王 爽,吕 霞

(云南农业大学 园林园艺学院,云南 昆明 650201)

**摘要:**为促进弥勒苣苔(*Paraisometrum mileense*)在干旱区域的应用,本研究通过调查喷施 ABA 后弥勒苣苔在 5 种干旱胁迫处理下植株形态和部分生理指标的变化及各生理指标的相关性,分析外源 ABA 对干旱胁迫下弥勒苣苔生长的影响。结果表明:对干旱处理的弥勒苣苔喷施 ABA 后植株萎蔫程度有所缓解,仍存在部分绿叶,相对电导率、丙二醛(MDA)、脯氨酸(Pro)和可溶性糖(SS)含量均显著低于干旱处理( $P<0.05$ )。复水后,植株叶片恢复舒展柔软鲜绿,相对电导率、MDA 和 Pro 含量与对照无显著性差异;但 SS 含量有差异,喷施 ABA 复水后的植株 SS 含量恢复至对照处理水平,而未喷施 ABA 复水后的植株 SS 含量则显著高于对照和其他处理( $P<0.05$ )。MDA 与脯氨酸和相对电导率呈显著正相关,相对电导率与脯氨酸也表现为显著正相关,即弥勒苣苔相对电导率增加的同时还伴随着丙二醛和脯氨酸含量的大量增加。综上,弥勒苣苔具有很强的抗旱性,喷施 ABA 不仅能延长绿叶期、提高抗旱性,还能促进迅速返青、恢复观赏性。

**关键词:**弥勒苣苔;干旱胁迫;ABA;生理特征;绿叶期

苦苣苔科(Gesneriaceae)全球约有 150 属 3 700 余种,中国约有 442 种,其中弥勒苣苔(*Paraisometrum mileense*)为弥勒苣苔属(*Paraisometrum*)唯一物种,是中国特有种<sup>[1]</sup>。自 1906 年首次从野外收集到标本后,弥勒苣苔曾经一度被认为已经灭绝,直到 2006 年在云南省石林县重新发现其野生活体株。该物种地理分布狭隘、野外居群少、植株个体少,被认定为“极小种群物种”<sup>[2-3]</sup>。研究表明,弥勒苣苔是一种新型复活植物,在经历低于 10% 相对含水量后仍能存活,具有研究和发掘植物抗旱机制和基因资源的重要价值<sup>[4]</sup>。我国于 2012 年启动了“全国极小种群野生植物拯救保护工程”,拯救和合理利用珍稀濒危植物资源,将其应用于园林建设中,有利于生物多样性保护、科学研究和自然资源的持续发展<sup>[5-8]</sup>。鉴于弥勒苣苔株型优美,花冠筒形淡黄色,具有较高的观赏价值<sup>[9]</sup>,并且可通过播种<sup>[10]</sup>或组织培养<sup>[11]</sup>等方式进行繁殖,因此非常适合开发成园林地被和盆栽植物。

城市人口激增和工业化发展导致城市水资源短缺矛盾愈加突出,我国有近百座城市面临严重的缺水问题<sup>[12-13]</sup>。城市旱情的不断加剧,不仅严

重影响园林植物的长势和观赏性,还限制了其在城市园林建设中的推广和应用<sup>[14]</sup>。研究干旱对园林植物的影响以及园林植物应对干旱胁迫的策略,是丰富缺水城市中园林植物种类的重要途径<sup>[15]</sup>。现采用对比分析法、聚类分析法、模糊数学综合评价法等综合性抗旱评价方法对园林植物抗旱性进行系统评价<sup>[16]</sup>,从而筛选出耐旱性强的植物,应用于园林建设中。脱落酸(Abscisic acid, ABA)是植物体自身合成的天然植物激素,具有促进种子休眠、抑制细胞伸长等作用<sup>[17]</sup>,并且在逆境胁迫中作为抗逆通路的“第一传导信号”,ABA 诱导的气孔关闭反应,可以直接减少植物体水分的蒸散<sup>[18]</sup>,有效提高小麦(*Triticum aestivum*)<sup>[19]</sup>、大豆(*Glycine max*)<sup>[20]</sup>和甘薯(*Dioscorea esculenta*)<sup>[21]</sup>等作物的抗旱性。本试验共设 5 个处理,比较外源 ABA 对干旱胁迫下以及干旱复水后弥勒苣苔形态及部分生理特性的变化,以期为该物种在干旱区域的生产应用和提高园林植物抗旱性提供理论依据和参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

试验材料为弥勒苣苔(*Paraisometrum mileense*),将温室栽培 1.5 年的弥勒苣苔移至盛有等量栽培土的穴盘中,在温度为 22 ℃/20 ℃(白天/黑夜)、相对湿度为 65%、16 h/8 h(光照/黑暗)、白光强度为 100  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  的条件下正常浇水生长 15 d 之后进行试验处理。

收稿日期:2022-03-01

基金项目:云南省赖齐贤专家工作站(202005AF150035)。

第一作者:王爽(1996—),女,硕士研究生,从事园林植物与观赏园艺研究。E-mail:1261155462@qq.com。

通信作者:吕霞(1974—),女,硕士,高级实验师,从事农业经济管理、创意农业研究。E-mail:1072956071@qq.com。

1.2 方法

1.2.1 试验设计 试验共设 5 个处理,CK:正常浇水处理;Dro:停止浇水进行干旱处理;Dro+ABA:干旱和喷施 15  $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$  ABA 处理,每天 17:00 喷施约 2 mL ABA 溶液至叶片表面,共 21 d,其余栽培条件不变。Dro+Reh:将 Dro 处理后的植株复水;Dro+ABA+Reh:将 Dro+ABA 处理后的植株复水;2 d 后观察比较 5 个处理下的弥勒苣苔表型并进行拍照和测定部分生理指标,每个处理 3 个重复。

1.2.2 生理指标测定 参照李合生<sup>[22]</sup>的方法测定可溶性糖和脯氨酸含量、丙二醛含量;参照赫再彬等<sup>[23]</sup>的方法测定相对电导率。

1.2.3 数据处理 使用 Excel 2003 整理数据,用 SPSS 20.0 软件进行数据统计分析,采用单因

素方差分析和 Duncan's 进行多重比较;利用 Pearson 相关系数评价不同指标间的相关关系;用 Origin 绘制图表。

2 结果与分析

2.1 外源 ABA 对干旱胁迫下弥勒苣苔形态的影响

正常生长下弥勒苣苔植株挺立、叶片呈翠绿色;经干旱处理 21 d 后植株极度萎蔫,叶片呈失绿、卷曲、变硬状;在干旱处理下对弥勒苣苔喷施外源 ABA 后,植株萎蔫程度有所减轻,仍有部分绿叶存在,延长弥勒苣苔的绿叶期。而复水后,弥勒苣苔叶片卷曲等状态基本消失,枯萎植株恢复生命,萎蔫叶片重新变得舒展柔软,恢复绿色(图 1)。

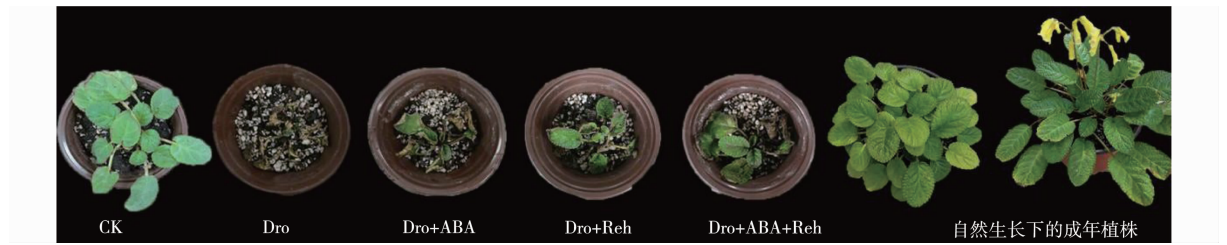


图 1 不同处理下弥勒苣苔的植株形态变化

2.2 外源 ABA 对干旱胁迫下弥勒苣苔生理指标的影响

2.2.1 相对电导率 由图 2A 可知,经干旱(Dro)处理 21 d 后弥勒苣苔的相对电导率明显上升,比对照增加了 205% ( $P<0.05$ );在干旱处理下喷施外源 ABA(Dro+ABA)处理后,弥勒苣苔

的相对电导率比 Dro 下降 38% ( $P<0.05$ ),表明 ABA 可以在一定程度上降低叶片相对电导率,对细胞质膜产生保护作用。复水处理(Dro+Reh 和 Dro+ABA+Reh)后弥勒苣苔的相对电导率含量均恢复到干旱处理前水平,与对照无显著差异 ( $P>0.05$ )。

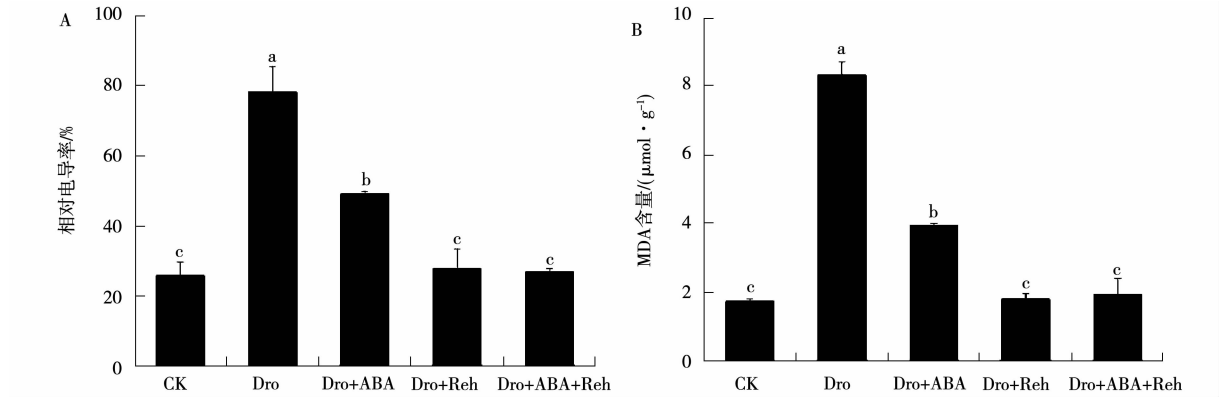


图 2 不同处理下弥勒苣苔的相对电导率(A)和丙二醛(B)含量变化

注:不同小写字母表示  $P<0.05$  水平差异显著。下同。

2.2.2 丙二醛含量 由图 2B 可知,经干旱(Dro)处理 21 d 后弥勒苣苔的丙二醛含量比对照增加了 273% ( $P<0.05$ );在干旱处理下喷施外源

ABA(Dro+ABA)处理后,弥勒苣苔的丙二醛含量比 Dro 下降了 54% ( $P<0.05$ )。复水处理(Dro+Reh 和 Dro+ABA+Reh)后弥勒苣苔的

丙二醛含量均恢复到干旱处理前水平,与对照无显著差异( $P>0.05$ )。

2.2.3 脯氨酸含量 由图 3A 可知,经干旱(Dro)处理 21 d 后弥勒苣苔的脯氨酸含量比对照增加了 158%( $P<0.05$ );在干旱处理下喷施外源 ABA(Dro+ABA)处理后,弥勒苣苔的脯氨酸含量与 Dro 相比下降了 36%( $P<0.05$ );复水处理(Dro+Reh 和 Dro+ABA+Reh)后弥勒苣苔的脯氨酸含量均明显下降,与对照和 Dro+ABA 处理均无显著差异( $P>0.05$ )。

2.2.4 可溶性糖含量 由图 3B 可知,经干旱

(Dro)处理 21 d 后弥勒苣苔的可溶性糖含量明显上升,比对照增加了 60%( $P<0.05$ );在干旱处理下喷施外源 ABA(Dro+ABA)处理后,弥勒苣苔的可溶性糖含量比 Dro 下降了 34%( $P<0.05$ ),恢复到干旱处理前水平。喷施外源 ABA 复水(Dro+ABA+Reh)后弥勒苣苔的可溶性糖含量基本恢复到干旱处理前水平,与对照无显著差异( $P>0.05$ );而干旱后直接进行复水(Dro+Reh),弥勒苣苔的可溶性糖含量大量增加,比对照增加了 102%,且显著高于其他处理( $P<0.05$ )。

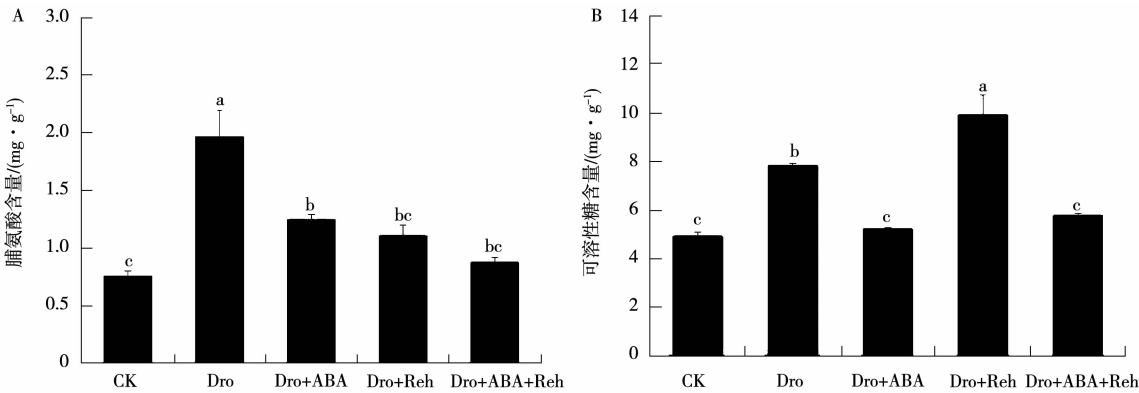


图 3 不同处理下弥勒苣苔的脯氨酸(A)和可溶性糖(B)含量变化

2.3 干旱胁迫下弥勒苣苔生理特性的相关性分析

由表 1 可知,各指标间均存在不同程度的相关性且相互制约。丙二醛均与脯氨酸( $r=0.9638$ , $P<0.05$ )和相对电导率( $r=0.9922$ , $P<0.05$ )呈显著正相关,相对电导率与脯氨酸( $r=0.9607$ , $P<0.05$ )也表现为显著正相关,而可溶性糖与丙二醛、脯氨酸和相对电导率虽均呈正相关,但相关性不显著。表明弥勒苣苔相对电导率增加的同时还伴随着丙二醛和脯氨酸含量的大量增加。

表 1 不同处理下弥勒苣苔 4 个生理指标的相关性

项目	丙二醛	脯氨酸	可溶性糖	相对电导率
丙二醛	1			
脯氨酸	0.9638*	1		
可溶性糖	0.1960	0.1549	1	
相对电导率	0.9922*	0.9607*	0.1436	1

注:\*表示 0.05 水平显著相关。

3 讨论

城市水资源匮乏和降水持续不足<sup>[12]</sup>,导致城

市旱情不断加剧,干旱胁迫天数的增加会严重影响园林植物的长势、观赏性和生命能力。大量研究表明干旱胁迫对植物生物膜系统造成最直接的伤害是膜脂过氧化,导致丙二醛(Malonydialdehyde,MDA)和相对电导率增加<sup>[24]</sup>,植物通过改变脯氨酸(Proline,Pro)和可溶性糖(Soluble Sugar,SS)的含量,降低渗透势,维持细胞膨压<sup>[25]</sup>,抵御干旱胁迫,这 4 个指标常用于评价植物的耐旱性<sup>[26]</sup>。狼尾草(*Pennisetum alopecuroides*)干旱胁迫 10 d 后叶片萎蔫卷曲黄化,与对照相比膜脂过氧化物含量上升了 41%<sup>[27]</sup>;菊花(*Dendranthema morifolium*)<sup>[28]</sup>和盆栽杜鹃(*Rhododendron simsii*)<sup>[29]</sup>胁迫 15 d 后均产生大量的 MDA,植株叶片均萎蔫焦枯;细叶百合(*Lilium pumilum*)胁迫后膜脂过氧化物、Pro 和 SS 含量均显著高于对照处理( $P<0.05$ ),严重影响其观赏品质<sup>[30]</sup>。复水可以解除干旱胁迫对植物造成的伤害,且植株的恢复程度与植物的抗旱性相关<sup>[31]</sup>。玉簪属(*Hosta*)植物和百合(*Lilium brownii*)<sup>[32]</sup>经复水 12 d 后植物形态得到不同程度的恢复<sup>[33]</sup>,草地早熟禾(*Poa pratensis*)复水 7 d 后叶片枯黄现象得到改善<sup>[34]</sup>。

本研究中,弥勒苣荬胁迫 21 d 后植株萎蔫、叶片失绿卷曲,失去观赏价值,但弥勒苣荬复水 2 d 后叶片重新变得舒展、恢复鲜绿,相对电导率、MDA、Pro 和 SS 等生理指标下降,显著低于 Dro 处理( $P<0.05$ )。这表明弥勒苣荬具有极强的耐旱性且复水后复苏快。

ABA 作为一种胁迫应答激素,可诱导出大量抗逆基因的高度表达<sup>[18]</sup>和生理生化的适应性反应<sup>[35]</sup>,开启植物的抗逆通路。外源 ABA 可以提高菊花<sup>[36]</sup>、杜鹃<sup>[37]</sup>和矮沙冬青<sup>[38]</sup>等园林植物的抗旱能力,本研究中 ABA 可以显著降低干旱胁迫和复水后弥勒苣荬的相对电导率、MDA 和 Pro 含量,同时 ABA 还显著降低了干旱胁迫下 SS 含量。而复水后喷施 ABA 与否对 SS 含量有明显影响,喷施 ABA 的植株 SS 含量恢复到干旱处理前水平,未喷施 ABA 的植株 SS 含量显著高于其他处理( $P<0.05$ ),这一结果可能是由于长期处于干旱条件下的植物自身主动储存大量糖类调节物质<sup>[39]</sup>,利用这些物质增强渗透调节能力,维持细胞膨压,减轻伤害<sup>[25]</sup>。经 ABA 喷施的弥勒苣荬仍存在部分绿叶,喷施 ABA 复水后,植株舒展柔软鲜绿、生命体征恢复至干旱处理前水平。因此喷施 ABA 可以延长弥勒苣荬的绿叶期和观赏期,并有助于植物生命体征的复苏过程。

## 4 结论

本研究主要分析了干旱胁迫下喷施外源脱落酸(ABA)及复水后对弥勒苣荬植株形态及部分生理指标的影响,结果表明,弥勒苣荬能耐受 21 d 的干旱胁迫,复水 2 d 后就能迅速复苏;喷施 ABA 能有效提高其抗旱性,延长绿期、促进返青。该研究结果将为弥勒苣荬应用于干旱区域提供理论依据。

## 参考文献:

- [1] 李振宇,王印政.中国苦苣荬科植物[M].郑州:河南科学技术出版社,2005.
- [2] 税玉民,张美德,赵厚涛,等.昆明植物所专家发现野外生存的弥勒苣荬[J].生命科学,2006(5):496-496.
- [3] 杨文忠,杨宇明.云南省极小种群野生植物保护的优先度分析[J].西部林业科学,2014,43(4):1-9.
- [4] LI A H, WANG D D, YU B Z, et al. Maintenance or collapse: Responses of extraplasmic membrane lipid composition to desiccation in the resurrection plant *Paraisometrum mileense* [J]. PLoS ONE, 2014, 9(7): 1-14.
- [5] 刘德望.推动我国极小种群野生植物工程化保护的对策思考[J].国家林业局管理干部学院学报,2014,13(4):12-15.
- [6] 黄睿智,李明国,魏景松,等.极小种群濒危植物盐桦迁地保护研究[J].植物科学学报,2020,38(6):786-794.
- [7] 王宁,刘立江,孙涛,等.珍稀濒危植物刺楸保护利用研究现状[J].山东林业科技,2020,50(6):99-105.
- [8] 朱晓芸,田如男.江苏省珍稀濒危保护植物资源及其园林应用前景[J].中国野生植物资源,2014,33(2):56-61.
- [9] 韦毅刚.华南苦苣荬科植物[M].广西:广西科学技术出版社,2011.
- [10] 刘成,秦少发,胡泉剑.弥勒苣荬种子的休眠萌发特性[J].植物分类与资源学报,2015,37(3):278-282.
- [11] 张琳娜,张翔,孟静,等.弥勒苣荬组培苗生根及移栽基质的筛选[J].西部林业科学,2018,47(4):69-73.
- [12] MCCARTHY M P, BEST M J, BETTS R A. Climate change in cities due to global warming and urban effects [J]. Geophysical Research Letters, 2010, 37(9): 238-247.
- [13] 陆咏晴,严岩,丁丁,等.我国极端干旱天气变化趋势及其对城市水资源压力的影响[J].生态学报,2018,38(4):1470-1477.
- [14] 岳桦,冯艳秋. PEG-6000 模拟干旱胁迫对朝鲜落新妇的影响[J].江苏农业科学,2015(5):184-187.
- [15] CHOI Y S, KIM Y M, HWANG O J, et al. Overexpression of *Arabidopsis* *ABF3* gene confers enhanced tolerance to drought and heat stress in creeping bentgrass [J]. Plant Biotechnology Reports, 2013, 7(2): 165-173.
- [16] 王树昌.植物抗旱基因工程研究进展[J].热带生物学报,2010,1(4):376-379.
- [17] SANTNER A, ESTELLE M. Recent advances and emerging trends in plant hormone signalling [J]. Nature, 2009, 459: 1071-1078.
- [18] MARÍA B J, PEDRO P, MIGUEL G G, et al. A mutational analysis of the *ABAI* gene of *Arabidopsis thaliana* highlights the involvement of ABA in vegetative development [J]. Journal of Experimental Botany, 2005, 56 (418): 2071-2083.
- [19] 唐晓川.植物生长调节剂对冬小麦苗期抗旱生长的影响[D].北京:中国农业科学院,2014.
- [20] 阮英慧.外源激素对开花期大豆抗旱生理特性的影响[D].哈尔滨:东北农业大学,2012.
- [21] 孙哲,范维娟,刘桂玲,等.干旱胁迫下外源 ABA 对甘薯苗期叶片光合特性及相关生理指标的影响[J].植物生理学报,2017,53(5):873-880.
- [22] 李合生.植物生理生化实验原理和技术[M].北京:高等教育出版社,2000.
- [23] 郝再彬,苍晶,徐仲.植物生理实验[M].哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2004.
- [24] SCANDALIOS J G. Oxygen stress and superoxide dismutases [J]. Plant Physiology, 1993, 101: 7-12.

[25] BEGG J E, TURNER N C. Water potential gradients in field tobacco[J]. Plant Physiology,1970,46:343-346.

[26] 洪晓晓. PEG 诱导水分胁迫下的几种园林地被植物生长及生理生化特性的研究[D]. 长沙:湖南农业大学,2010.

[27] 孔兰静. 三种观赏草对土壤干旱胁迫的生理相应[D]. 泰安:山东农业大学,2009.

[28] 任磊,赵夏陆,许靖,等. 4 种茶菊对干旱胁迫的形态和生理响应[J]. 生态学报,2015,35(15):5131-5139.

[29] 李畅,苏家乐,刘晓青,等. 杜鹃花不同品种的观赏性和耐旱性比较[J]. 江苏农业科学,2019,47(22):138-142.

[30] 王美美. 干旱胁迫对细叶百合生长及观赏价值的影响[D]. 成都:四川农业大学,2019.

[31] 胡田田,康绍忠. 植物抗旱性中的补偿效应及其在农业节水中的应用[J]. 生物学报,2015,25(4):885-891.

[32] 崔光芬,杜文文,段青,等. 蕾期干旱胁迫对百合切花品质的影响[J]. 应用生态学报,2016,27(5):1569-1575.

[33] 张金政,张起源. 干旱胁迫及复水对玉簪生长和光合作用的影响[J]. 草业学报,2014,23(1):167-176.

[34] 朱慧森,王保平,董晓燕,等. 干旱及复水对山西野生草地早熟禾幼苗生长与生理特性的影响[J]. 草业学报,2015,24(7):79-88.

[35] VISHWAKARMA K, UPADHYAY N, KUMAR N, et al. Absciscic acid signaling and abiotic stress tolerance in plants: A review on current knowledge and future prospects[J]. Frontiers in Plant Science, 2017, 8 (120): 161-173.

[36] 朱晓晨. 菊花磷脂酶基因 *CmPLDα* 的克隆与功能验证[D]. 南京:南京农业大学,2014.

[37] SHARP R G, ELSE M A, CAMERON R W, et al. Water deficits promote flowering in *Rhododendron* via regulation of pre and post initiation development[J]. Scientia Horticulturae,2009,120(4):511-517.

[38] 于好强. 矮沙冬青四个抗逆基因的功能研究[D]. 成都:四川农业大学,2017.

[39] 杜金友,陈晓阳,李伟,等. 干旱胁迫诱导下植物基因的表达与调控[J]. 生物技术通报,2004(2):10-14.

# Effects of Exogenous ABA on *Paraisometrum millense* Growth Under Drought Stress and Rewatering

WANG Shuang, LYU Xia

(College of Horticulture and Landscape, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China)

**Abstract:** In order to promote the application of *Paraisometrum millense* in arid areas, this study investigated the changes of plant morphology and some physiological indexes of *P. mileense* under five drought stress treatments after spraying ABA and the correlation of various physiological indexes. The effects of exogenous ABA on the growth of *P. mileense* under drought stress were analyzed. The results showed that the wilting degree of *P. mileense* treated with drought was alleviated after spraying ABA, and there were still some green leaves. The relative electrical conductivity, malondialdehyde (MDA), proline (Pro) and soluble sugar (SS) contents were significantly lower than those of drought treatment ( $P<0.05$ ). After rewatering, the leaves of the plant returned to stretch, soft and bright green, and the relative conductivity, MDA and Pro contents were not significantly different from those of the control. However, the SS content was different. After spraying ABA and rewatering, the SS content of plants returned to the control treatment level. The SS content of plants without ABA spraying was significantly higher than that of the control and other treatments ( $P<0.05$ ). MDA was significantly positively correlated with proline and relative conductivity, and the relative conductivity was also significantly positively correlated with proline. That is, the increase of relative conductivity of *P. mileense* was accompanied by a large increase in the content of malondialdehyde and proline. In conclusion, *P. mileense* has strong drought resistance. Spraying ABA can not only prolong the green leaf period and improve the drought resistance, but also promote the rapid return to green and restore the ornamental.

**Keywords:** *Paraisometrum mileense*; drought stress; ABA; physiological characteristics; green leaf period

欢迎投稿